ИЗУЧЕНИЕ МАКРОКОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИЯХ г. УЛАН-УДЭ, ПОДВЕРГШИХСЯ ТЕХНОГЕННУМУ ИЗМЕНЕНИЮ

Т.В. Чередова, С.Г. Дорошкевич
Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия,
cheredova-tv@yandex.ru, sv-dorosch@mail.ru

Снежный покров является наиболее информативным показателем загрязнения атмосферного воздуха в зимний период. Снег поглощает существенную часть продуктов техногенеза и аккумулирует их в течение зимнего периода. Количество выпадающего со снегом твердого осадка характеризует запыленность территории, фильтрат талого снега (снеговая вода) отражает степень загрязнения воздушного бассейна хорошо растворимыми формами химических элементов, наиболее токсичных для растений и живых организмов [1].

Целью настоящего исследования являлось изучение макрокомпонентного состава снежного покрова на техногенно-измененных территориях г. Улан-Удэ.

Объектом исследования являлся снежный покров, отобранный на территориях, используемых ранее в качестве участков захоронения промышленных и бытовых отходов г. Улан-Удэ, закрытых в настоящее время: свалки бытовых отходов в п. Сотниково и п. Стеклозавод, свалка промышленных отходов в п. Восточный, участок захоронения золошлаковых отходов в п. Площадка. В качестве фоновых участков были выбраны 3 модельные площадки в районах каждого из вышеуказанных объектов захоронения отходов с учетом розы ветров.

Пробы снега были отобраны в конце февраля 2021 г в период максимального снегозадержания. При отборе пробы пробоотборник вдавливался до упора в снежный покров, снег отбирался из всего объема пробоотборника за исключением 2-5 сантиметрового слоя, прилегающего к поверхности почвы для исключения попадания травы, мусора и прочих крупных загрязнений в пробу. Снег помещался в полиэтиленовый промаркированный пакет. Таяние снега осуществлялось при комнатной температуре в течение одних суток. После полного растаяния весь объем полученной снежной воды пропусклся через фильтрующую воронку Бюхнера с фильтром «синяя лента», предварительно взвешенным и доведенным до постоянной массы. Концентрации основных анионов и катионов в снеговой воде были определены стандартными химическими методами с учетом требований ГОСТов в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии ФГБУН ГИН СО РАН.

Расчет пылевой нагрузки был проведен согласно методическим рекомендациям [4]. На основании соотношения показателя среднесуточной пылевой нагрузки на контрольных площадках относительно фоновых показателей рассчитаны коэффициенты концентрации (K_k), которые свидетельствуют о величине нагрузки на исследуемой территории. При расчете K_k для каждой техногенно-измененной территории были выбраны соответствующие фоновые участки. Результаты расчета пылевой нагрузки показали, что для трех исследуемых участков техногенного воздействия характерен низкий уровень загрязнения снежного покрова, пылевая нагрузка на них варьируется от 10,8 до 77,5 мг/м²×сут, однако превышение пылевой нагрузки на данных участках относительно фоновых показателей – в 3 раза. Участок для захоронения золошлаковых отходов (п. Площадка) характеризуется высоким уровнем загрязнения с величиной пылевой нагрузки 583,7 мг/м²×сут, что в 32 раза выше фоновых показателей.

Анализ макрокомпонентного состава снеговой воды был проведен по шестнадцати показателям (табл.): водородный показатель (рН), кремниевая кислота (H₂SiO₃), минерализация, перманганатная окисляемость (ПМО), ионы аммония (NH₄⁺), калия (K⁺), натрия (Na⁺), магния (Mg²⁺), кальция (Ca²⁺), железо (Fe³⁺), гидрокарбонаты (HCO₃⁻), хлориды (Cl⁻), нитриты (NO₂⁻), сульфаты (SO₄²⁻), нитраты (NO₃⁻), фториды (F⁻). В связи с отсутствием норм ПДК, утвержденных для снеговой воды, в качестве эталонных значений для анализа были выбраны концентрации веществ в снеговой воде оз. Байкал, полученные И.А. Белозерцевой и др. в 2015 г. [1] и ПДК для водных объектов рыбохозяйственного назначения (ПДК_{рыб-хоз}) [3].

Таблица. Содержание химических элементов в снеговой воде и коэффициенты концентрации (K_K) загрязняющих веществ

Площадки отбора проб	pH	H_2SiO_3 , мг/л	Минерализация, мг/л	ПМО, mgO_2/l	Концентрация катионов, мг/л						Концентрация анионов, мг/л					
					NH_4^+	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Fe^{3+}	HCO_3^-	Cl^-	NO_2^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	F^-
снеговая вода оз. Байкал, (2015 г.) [1]	6,43	-	11,1	-	0,16	0,29	0,52	0,31	1,54	0,01	4,14	3,33	0,03	3,70	0,16	0,09
ПДК _{рыб-хоз} [3]	C_{ϕ}	-	-	-	0,50	50	120	40	180	0,1	-	300	0,08	100	40	$C_{\phi}+0,05$ (до 0,75)
п. Сотниково																
фон	4,19	0,43	21,23	1,50	0,05	0,21	-	2,37	1,60	0,19	11,20	0,76	0,02	3,95	0,60	0,06
свалка	4,98	<u>0,41</u> 0,95	<u>28,19</u> 1,33	<u>1,72</u> 1,15	<u>0,05</u> 1,00	<u>1,05</u> 5,00	<u>0,40</u> -	<u>1,51</u> 0,64	<u>2,00</u> 1,25	<u>0,29</u> 1,53	<u>5,70</u> 0,51	<u>1,05</u> 1,38	<u>0,03</u> 1,50	<u>6,25</u> 1,58	<u>1,85</u> 3,08	<u>0,10</u> 1,67
п. Стеклозавод																
фон	5,93	0,51	37,76	2,36	0,85	0,21	-	1,70	6,21	0,28	13,20	0,76	0,04	13,16	0,90	0,13
свалка	5,59	<u>0,37</u> 0,73	<u>22,6</u> 0,60	<u>1,42</u> 0,60	<u>0,05</u> 0,06	<u>0,69</u> 3,29	<u>0,05</u> -	<u>1,28</u> 0,75	<u>3,41</u> 0,55	<u>0,19</u> 0,68	<u>6,90</u> 0,52	<u>0,76</u> 1,00	<u>0,04</u> 1,00	<u>7,57</u> 0,58	<u>1,43</u> 1,59	<u>0,06</u> 0,46
п. Восточный, п. Площадка																
фон	6,10	0,45	15,35	1,82	0,38	0,34	-	0,91	2,00	0,14	2,90	0,14	0,15	7,40	0,60	0,11
свалка, падь Баба-санова	5,70	<u>0,47</u> 1,04	<u>14,52</u> 0,95	<u>1,71</u> 0,94	<u>0,45</u> 1,18	<u>0,82</u> 2,41	-	<u>0,78</u> 0,86	<u>1,90</u> 0,95	<u>0,09</u> 0,64	<u>4,40</u> 1,52	<u>0,74</u> 5,29	<u>0,18</u> 1,20	<u>4,44</u> 0,60	<u>0,31</u> 0,52	<u>0,12</u> 1,09
площадка золошлаков	6,56	<u>0,62</u> 1,38	<u>59,75</u> 3,89	<u>2,93</u> 1,61	<u>0,05</u> 0,13	<u>2,47</u> 7,26	<u>0,16</u> -	<u>2,06</u> 2,26	<u>11,6</u> 5,81	<u>0,26</u> 1,86	<u>14,40</u> 4,97	<u>0,63</u> 4,50	<u>1,02</u> 6,80	<u>25,82</u> 3,49	<u>0,70</u> 1,17	<u>0,22</u> 2,00

Примечание. В числителе представлена концентрация, мг/л, в знаменателе - K_K относительно фонового значения на каждой модельной площадке. Выделение жирным шрифтом - превышения над фоновыми показателями. C_{ϕ} – фоновая концентрация.

Участком, наиболее близким по составу к снеговой воде оз. Байкал, является фоновая площадка п. Сотниково. Концентрация SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- и, как следствие, общая минерализация снеговой воды, на фоновой площадке п. Сотниково превышает аналогичные показатели снеговой воды Байкальской котловины, но концентрация ионов NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Cl^- , NO_2^- , F^- , напротив, меньше значений, определенных в снеговой воде оз. Байкал. Сходство гидрохимических показателей снеговой воды фоновой площадки п. Сотниково и котловины оз. Байкал, с учетом преобладающего северо-западного направления ветра, характерного для города Улан-Удэ, свидетельствует об отсутствии специфических источников загрязнения атмосферы по ходу движения воздушных масс от оз. Байкал к городу. Из всех проанализированных показателей в снеговой воде г. Улан-Удэ аномально высокими были значения ионов Fe^{3+} – до 15,83 раз по сравнению со снеговой водой оз. Байкал. Высокие содержания ионов Fe^{3+} были зафиксированы во всех исследуемых пробах. В целом же, превышение ПДК_{рыб-хоз} в снеговой воде выявлено по иону NH_4^+ (1,7 ПДК_{рыб-хоз}), NO_2^- (1,88-12,75 ПДК_{рыб-хоз}), Fe^{3+} (1,4-3,7 ПДК_{рыб-хоз}). При сопоставлении макрокомпонентного состава снеговых вод с техногенно-измененных территорий с фоновыми участками выявлено, что на территориях, подверженных техногенному изменению, наблюдается незначительный рост концентрации исследуемых показателей в большинстве случаев в 1,5 раза, что свидетельствует об отсутствии существенного влияния компонентов захороненных отходов на качество снегового покрова. Единственным участком со значительным загрязнением снежного покрова, является площадка золошлаков, на которой полностью не проведены рекультивационные мероприятия, направленные на закрытие пылящей поверхности площадки изолирующим слоем.

Фитотоксичность снеговой воды была определена по методике, опробованной авторами С.Г. Дорошкевич, И.В. Бардамовой [2], основанной на проращивании семян растений на фильтровальной бумаге. Для эксперимента было выбрано две культуры: *Raphanus sativus* (редис «Заря») и *Avena sativa* L. (овес посевной). Семена культур показали высокую схожесть за время культивирования. Индекс токсичности, рассчитанный по количеству проросших семян на за-

ключительный день эксперимента варьировался от 1,0 до 1,11 для двух культур, что позволяет отнести пробы снеговой воды к V (норма)-VI (стимуляция) классам. Стоит отметить, что скорость прорастания семян *Avena sativa* L. была несколько снижена для проб, отобранных на свалке в пади Бабасанова и площадке для захоронения золошлаковых отходов.

Результаты проведенных исследований показали, что воздушные массы, поступающие на территорию г. Улан-Удэ, относительно схожи по макрокомпонентному составу со снеговым покровом Байкальской котловины. Исключение составляет аномально высокая концентрация ионов железа (III), которая была зафиксирована во всех исследуемых пробах. Загрязнение атмосферного воздуха г. Улан-Удэ, вследствие деятельности стационарных и передвижных источников загрязнения атмосферы, отражается в качестве снегового покрова, приводя к превышению концентрации практически всех показателей по сравнению со снеговой водой оз. Байкал. Снеговые воды с техногенно-измененных территорий на закрытых свалках промышленных и бытовых отходов незначительно отличаются от снеговых вод, отобранных на фоновых участках. Значительное загрязнение наблюдается на площадке золошлаков, на которой не проведены рекультивационные мероприятия в полном объеме. Значительного фитотоксичного эффекта проб снеговой воды не выявлено.

Литература

1. Белозерцева И. А., Воробьева И. Б., Власова Н. В., Янчук М.С., Лопатина Д.Н. Химический состав снега акватории озера Байкал и прилегающей территории // География и природные ресурсы. 2017. № 1. С. 90-99.
2. Дорошкевич С. Г., Бардамова И. В. Фитотоксичность лежалых отходов обогащения сульфидно-вольфрамовых руд Джидинского месторождения (западное Забайкалье) // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2016. № 3. С. 241-251.
3. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах ... » (с изменениями на 10 марта 2020 года) // [Электронный ресурс: <https://docs.cntd.ru/document>] (дата обращения 22.06.2021 г.)
4. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М.: ИМГРЭ, 1990 г.